

特集

人工呼吸患者の呼吸理学療法

基本手技

千住秀明・朝井政治

キーワード：呼吸理学療法，基本手技，体位管理，呼吸訓練，排痰法，胸郭可動域訓練

はじめに

呼吸不全の原因は、換気障害、拡散障害、換気血流不均等分布、シャントがある。人工呼吸療法は、一回換気量を増加させることで換気障害を、また高濃度の酸素を投与することで拡散障害をそれぞれ改善するアプローチである。しかし、人工呼吸管理下の仰臥位は、換気血流不均等分布を増悪させ、さらに、安静による長期管理は全身の廃用症候群を促進する可能性をもっている (図1)。この人工呼吸療法のデメリットを最小

限にし、メリットを最大限に生かすことができる手技が呼吸理学療法 (respiratory physiotherapy/physical therapy) である。

呼吸理学療法は、「呼吸器障害に対する理学療法の呼称および略称さらには総称であり、呼吸器障害の予防と治療のために適応される理学療法的手段」と定義されている¹⁾。人工呼吸管理下の呼吸理学療法の目的は、無気肺、下側肺障害、筋の廃用性萎縮など合併症の予防、早期離床、ADLの自立が目的となる。術後の肺合併症のリスクファクターのある患者には、予防

- 骨格筋障害：筋肉量低下、筋萎縮、筋力低下
- 関節可動域制限：筋・筋膜・腱の拘縮
- 骨の障害：(廃用性) 骨萎縮
- 褥瘡
- 心血管系：起立性低血圧、血漿量低下、心予備能低下
- 呼吸器系：換気量低下、粘液線毛輸送能低下、気道分泌物貯留
- 内分泌系：耐糖能障害
- 消化器系：消化管粘膜萎縮、低蛋白血症、便秘
- 神経系：感覚障害、失見当識、不安・うつ状態

〈全身に及ぶ廃用症候群〉

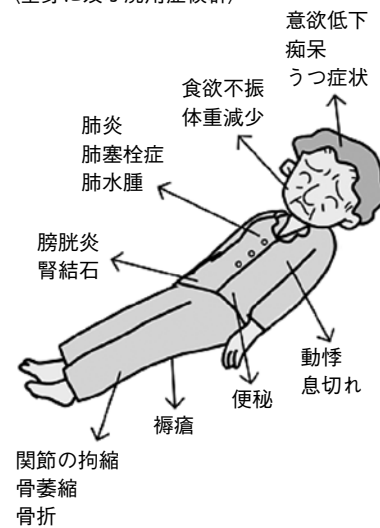


図1 安静臥床に伴う弊害：廃用症候群

表1 術後の肺合併症のリスクファクター

<ul style="list-style-type: none"> • 慢性肺疾患の既往：COPD、気管支喘息 • 喫煙 • 肥満：BMI>25 • 年齢（70歳以上） • 手術（操作）時間 • 上腹部手術 • ASA class
--

を目的として術前から呼吸理学療法の適応が必要である（表1）²⁾。その基本手技には、体位管理、呼吸コントロール、呼吸訓練、呼吸介助法、排痰法、呼吸筋トレーニング、胸郭可動域訓練がある。これらの手技は、急性期のみならず慢性期にも共通する手技である。

I. 体位管理（ポジショニング）

「ポジショニングとは、体位変換によって半側臥位、側臥位、前傾側臥位、腹臥位、座位を一定時間保持す

ること」と定義されている。ポジショニングの目的は、下側肺領域の持続的な加重の除去による呼吸器合併症の予防、肺胞内換気と血流の再配分による肺酸化能の改善、気道分泌物のドレナージ促進、安楽の維持、褥瘡予防、離床の準備である。具体的な体位管理を図2に示した。人工呼吸管理下での体位変換は、仰臥位から半側臥位で1名、側臥位で1～2名、前傾側臥位で2～3名、腹臥位で3～4名のスタッフが必要となる。忙しい臨床現場で数多くのスタッフの関与が必要となる腹臥位管理は効率がよいとはいえず、全身状態を評価した上で、可及的早期より予防的体位変換を実施することが重要である。実際の介入では、

- ①必要な処置・検査以外は原則仰臥位を禁止し、側臥位で管理する。
- ②通常は2時間ごとに左右45度（半側臥位）を保持する。しかし、換気の改善等の目的が達成できない場合は、60～90度側臥位、さらには前傾側臥位か

〈腹臥位への体位変換〉

- ①～③ゆっくりと側臥位へ体位を換える。
 - 下側になった上肢を体幹の後方へ移動する方法
 - あらかじめ上肢を挙上しておく方法
- ④⑤前傾側臥位から腹臥位へ

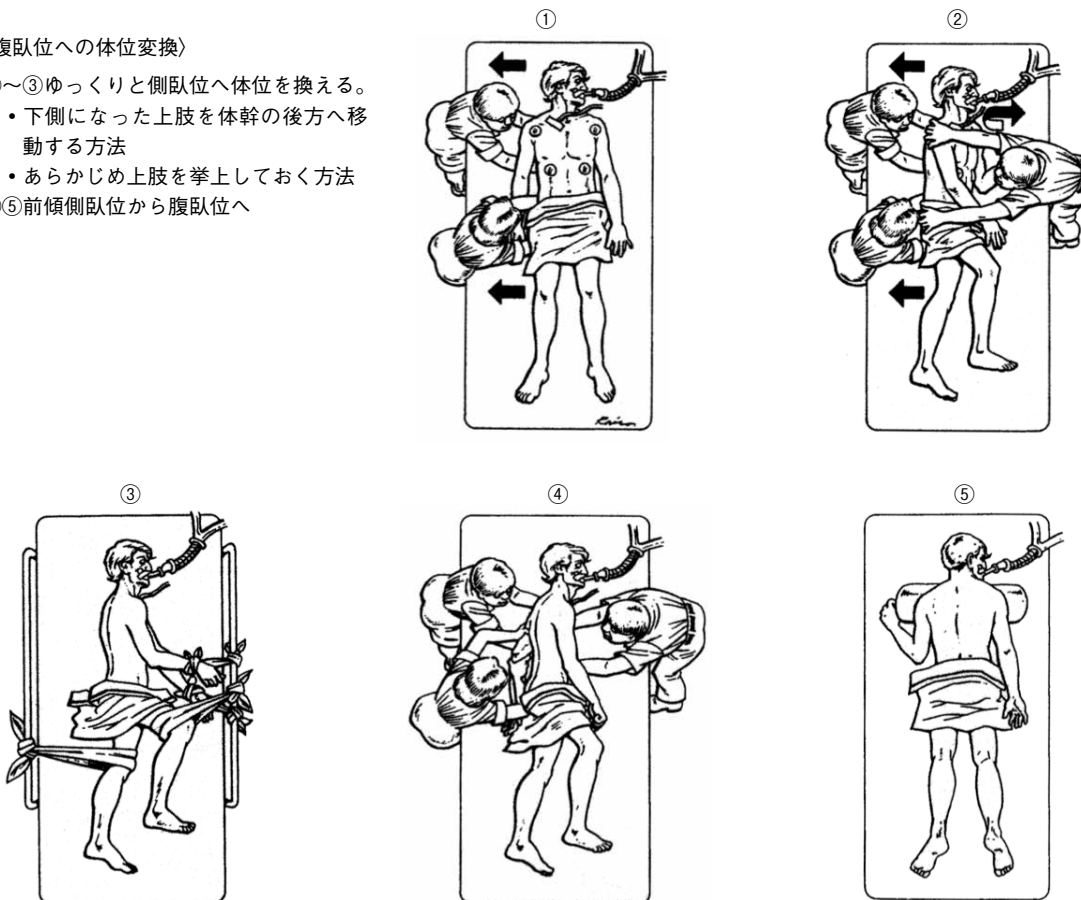


図2 腹臥位の体位変換の例³⁾

ら腹臥位へと体位変換を実施する。

③排痰目的の体位変換では、一側性肺障害の場合は病側肺が上側になるように側臥位を、下側肺障害では前傾側臥位や腹臥位を行う。

などをポイントとして実施する。さらに病状が安定していれば、座位、ベッドサイドの起座位、さらには立位へと進めてもよい。

体位変換は介入前後で必ず身体所見を評価し、介入の必要性和その効果を判定する。なかでも呼吸音減弱・消失、肺泡呼吸音の聞こえる部位での気管支音化、副雑音の断続性ラ音などの聴診所見やSpO₂などでの確認が有用である。

II. 呼吸訓練 (breathing exercise)

「呼吸訓練とは呼吸様式の学習と呼吸運動のコントロールである」と定義されている。呼吸訓練の適応は外科の周術期、慢性閉塞性肺疾患 (COPD)、喘息、拘束性肺疾患など、多岐にわたる。呼吸訓練は、呼吸の深さと速さをコントロールし、換気効率の改善と呼吸補助筋の活動抑制を図ることを目的として実施するが、人工呼吸器管理下の患者すべてで適応となるとは限らない。

1. 横隔膜 (腹式) 呼吸 (diaphragmatic breathing) / 深呼吸 (deep breathing)

吸気時に、主として横隔膜運動を増強させ、それに伴う腹壁の拡張運動で換気を行う呼吸法である。その効果は一回換気量の増大と呼吸数の減少により、換気効率が高められることである。

鎮静が行われていない人工呼吸器管理下の患者での実施方法は、患者を仰臥位や頭部挙上位にて安楽肢位 (股・膝関節を軽度屈曲位) をとらせ、吸気時に腹部が自然に盛りあがるよう指導する。その際には、患者の呼吸パターン (深さと速さ) や呼吸補助筋の動き (収縮度) を吸気と呼気で観察する。本法の適応は、横隔膜が運動能力を有している者であり、重症 COPD 症例や横隔神経麻痺症例、胸水や腹水の大量貯留のために深呼吸の実施が困難なものは適応外である。

2. 人工呼吸器の設定で自発呼吸を促進するようなモードに変更する

同期型間欠的強制換気 (synchronized intermittent

mandatory ventilation : SIMV) 回数の減少、圧支持換気 (pressure support ventilation : PSV) モードへの変更、一定時間のカテーテル等による酸素投与により人工呼吸器を使用せず、自発呼吸で管理する方法 (ON-OFF 法) などがある。自発呼吸が安定していれば、後述の呼吸筋トレーニングも併せて実施する。いずれの場合も、全身状態および呼吸状態の安定化と人工呼吸器管理となった誘因の改善を確認してから進める必要があり、さらに実施の際には、患者の表情やバイタルサインの評価が必須である。実施時間については、開始当初は短時間から開始し、徐々に時間を延長していく。

III. 呼吸介助法 (manual breathing assist)

呼吸介助法とは徒手で胸郭運動を他動的に介助する手技で、換気の改善を主たる目的とするものである。具体的には患者の胸郭に手掌面を当て、呼気に合わせて胸郭を生理学的な運動方向に圧迫し、次の吸気時には圧迫を解放することを繰り返す。

適応は、無気肺の予防と治療、ガス交換の改善、呼吸困難の改善である。最近では、非挿管型の人工呼吸器が臨床現場で多用されるようになり、人工呼吸器と患者の呼吸を調和するために本法が広く利用されている。

IV. 排痰法 (bronchopulmonary hygiene therapy)

排痰法は、気道および肺胞内の分泌物の移動を促し、換気や肺酸化の改善や気道感染の予防を目的に行われる。その手技として、咳嗽、強制呼出手技、体位排痰法、スクイーピング、軽打法、振動法、揺すり法、応用手技として自動周期呼吸法などがある。

1. 咳嗽 (cough)

咳嗽は中枢気道に分泌物が貯留している症例で適応となる。呼気筋力の低下によって速い呼気ができない場合は、呼気に合わせて下部胸郭を他動的に圧縮する、この方法は人工呼吸器管理の症例の吸引する際に実施するとよい。また、術創部の痛みで咳嗽が困難な場合には、枕などで創部を保護して呼気介助を行う。術創を固定した状態で、はじめは安静呼気位から咳嗽を行い、疼痛の程度を確認しながら、徐々に最大吸気位からの

表2 呼吸介助法とスクイーピングの相違

	呼吸介助	スクイーピング
定義	徒手的に胸郭運動を他動的に介助すること	排痰体位をとり気道分泌物の貯留する胸郭を呼気時に圧迫し、吸気時に圧迫を解放する手技
位置づけ	換気改善手技	徒手排痰手技
目的	換気の改善、気道分泌物の移動、呼吸仕事量および呼吸困難の軽減	気道分泌物の移動、換気の改善、無気肺の改善、肺酸化能の改善、肺コンプライアンスの改善など
作用機序	呼気の促進、相対的吸気量増大	呼気流速の増大
排痰体位	必ずしも併用しない	併用する
肺区域	一致させない	一致させる
実施方法	圧迫介助は一定	徐々に圧迫を強める

咳嗽に移行するなどの工夫が有効である。咳嗽は、分泌物の飛沫や頭蓋内圧上昇のリスクがあるため注意を要する。特にフレイル chests の場合には、胸郭圧迫による咳嗽介助は禁忌となり、骨粗鬆症を有する場合は実施に十分な注意が必要である。

2. 強制呼出手技 (forced expiration technique : FET)

強制呼出手技は、吸気に続いて中間から低い肺気量で、口と声門を開き、強制的なため息のように「ハーツ」と勢よく呼出させ、その後リラックスした横隔膜呼吸を行う方法で、ハフピング (huffing) とも呼ばれる。喉頭が開いているので、胸腔内圧の上昇が少なく気道の圧縮も生じにくい。ため、疼痛を有する術後患者や COPD 患者、人工呼吸管理の患者でも意識的に深呼吸と強い呼気などの呼吸コントロールが可能な患者であれば、分泌物移動に有効である。本法を習得した気管切開施行患者では、気管吸引を実施することなく、分泌物を排出することが可能となる場合もある。

3. 体位排痰法 (postural drainage)

体位排痰法は排痰体位、軽打法やスクイーピング等の排痰手技、咳嗽までの一連の動作を指す。末梢気道に貯留している分泌物を重力を利用して中枢側の気道へ移動させることを目的とする手技である。中枢気道からの喀出には咳嗽が必要で、咳嗽が不十分な場合には、吸引が必要となる。適応は、末梢気道に分泌物が貯留し、咳嗽や強制呼出法などでも分泌物の排出が十分得られない、気管挿管もしくは気管切開患者において、気管内吸引のみでは分泌物を十分に除去し得ない場合である。

4. スクイーピング (squeezing)

気道分泌物の貯留する部位を上にする排痰体位を保持し、貯留区域に相当する胸郭を呼気時に圧迫し、吸気時に圧迫を解放する手技である。スクイーピングは呼吸介助と同様、呼気時に胸壁を圧迫する手技であるが、両者にはいくつかの相違点がある(表2)。スクイーピングの効果は、分泌物の移動の促進、換気量の増加、無気肺の改善、肺酸化能の改善などがある。適応は体位排痰法と同様である。呼吸器外科手術で実施する場合は第5肋骨、第6肋骨からの開胸が多く、その部位の肋骨の切断を伴うことがある。実施の際には切断部位と開胸創に直接圧迫を加えず手掌全体で接触し両手で覆うように愛護的に、かつ固定はしっかり行い、創部のずれを与えないように呼気時にタイミングを合わせ押し下げていく。

5. 自動周期呼吸法 (active cycle of breathing technique : ACBT)⁴⁾

ACBT は、呼吸コントロール (breathing control : BC)、深吸気運動 (thoracic expansion exercises : TEE)、強制呼出手技 (FET、ハフピング) の3つの手技を組み合わせて、その一連の手技を順番に繰り返して排痰を促進する手技である。

欧米では、嚢胞性肺線維症患者を中心に ACBT が用いられている。この方法は、特別な器具、介助者を必要とせず、貯留した気道分泌物を患者自らで排出することができる。ACBT は、喀痰量が多く、自己排痰への意欲があり、病態が安定し、さらに十分な呼吸コントロール能力や神経筋機能がある者に適応される。側臥位の体位排痰肢位で行い、BC → TEE → BC → TEE → BC → FET → BC の周期で、分泌物が上気道に押し

上げられるまで繰り返し行う。人工呼吸管理を実施している患者でも本法の実施は可能であるが、十分な指導と練習が必要である。

6. 器具を使った排痰

器具を使用した排痰の方法として、MI-E (mechanical in-exsufflation) による方法、手動的肺過膨張手技、PEP などがある。これらの方法は神経筋疾患症例や長期人工呼吸管理を行っている症例で実施される場合が多い。いずれの方法も気道内に陽圧を附加するため、呼吸状態の観察を実施し、気胸などの発生に注意が必要である。

V. 呼吸筋トレーニング

呼吸筋トレーニングとは、呼吸筋に過度な負荷刺激を加えることでその強化を図る方法である。吸気筋トレーニングと呼気筋トレーニングがあるが一般的に吸気筋のトレーニングを意味する。呼吸筋トレーニングの効果として、①呼吸筋力・呼吸筋耐久力の改善、②運動耐容能の改善、③呼吸の改善、④ADL・QOLの改善、⑤人工呼吸器からの離脱成功などがある。効果判定の指標として、最大吸気圧 (P_Imax)、最大呼気圧 (P_Emax) などがあり、呼吸筋力計 (口腔内圧計) や人工呼吸器のグラフィックモニタを用いて測定を行う。呼吸筋トレーニングの具体的な患者選択の基準は確立されていないが、適切に症例を選択することは必要で、全症例に適応することは推奨されていない⁴⁾。呼吸筋力が低下し、呼吸困難や運動耐容能に影響を及ぼしていることが予想される症例が適応となる⁵⁾。人工呼吸管理が長期間にわたっている症例では、呼吸筋は廃用性の萎縮や筋力低下を来し、軽度の負荷に対しても呼吸筋疲労の状態に陥りやすいため、呼吸筋トレーニングの適応となることが多い。実施にあたっては、全身状態、特に栄養状態に注意し、人工呼吸管理に至った誘因が解決されていること、もしくは解決に向けての有効な治療が行われていることが必須の条件である。トレーニングの負荷量が過度になると逆に呼吸筋疲労をきたす原因となり、注意が必要であるため、定期的な評価を実施し、十分な呼吸筋の休息をあわせて行うことも必要である。吸気筋トレーニングの方法を以下に示す。

1. 腹部重錘法

膝立て仰臥位にて腹部に重錘をのせて、横隔膜呼吸を誘導しながら吸気抵抗をかける方法である。方法が簡便であることから臨床でよく用いられる。重錘の定量化はできるが、横隔膜への定量的負荷の設定が困難であることから、負荷量の決定方法が必ずしも確立されていない。1回につき10～30分間、1日2回の頻度で500gから開始し3kgを目標に1週間ごとに重錘量を増加させるといった方法で行う。本手法は、横隔膜呼吸が不可能な症例は適応ではない。

2. 吸気抵抗負荷法

人工呼吸回路内や人工気道に抵抗を最大吸気圧 (P_Imax) の30～50%程度に設定する。負荷方法としては、THRESHOLD™などの器具を人工呼吸回路内や人工気道に接続して実施する方法や、人工呼吸器装着中の場合、換気モードを持続的陽圧換気 (CPAP) モード、もしくは圧支持 (PSV) モードとして、最大吸気圧 (P_Imax) の30%に相当するトリガー・レベルに設定し、吸気抵抗を負荷する方法などがある。いずれの場合も、実施の際にはモニタリングを行い、過度の負荷にならないよう注意する。

VI. 胸郭可動域訓練⁶⁾

離床、運動療法の阻害因子の一つに術後の緊張、胸郭の可動制限がある。胸腹部に何らかの侵襲を受ける、努力性呼吸を長期間継続する、などの状態では、頸部、胸部を中心とした呼吸補助筋群が緊張するが、緊張した筋肉はリラックスした筋肉の数倍の酸素を消費する。また、長期間の臥床や人工呼吸管理の実施によって胸郭の変形やコンプライアンスの低下などを来しやすい。これらの問題を解決するための方法として、胸郭可動域訓練とリラクゼーションがある。胸郭可動域訓練やリラクゼーションは、頸部・体幹の過度の筋緊張の抑制と、呼吸困難感を軽減し、離床や運動療法へ導く重要な要素と考えられている。本法の適応は、疼痛や不良姿勢などにより筋緊張亢進、可動域制限を来している症例で、体位変換などと並行して実施する必要がある。禁忌は肋骨骨折や皮膚移植後の症例である。また、実施を積極的に推奨される手技ではないため、循環動態が不安定な症例では適応とならず、骨粗鬆症の症例では実施に注意する必要がある。

1. 肋骨捻転法

肋骨は呼気時に捻転し、吸気時は呼吸運動を制限しない。これを下部肋骨から上部肋骨へ左右両胸郭に行う。方法は治療者が患者の肋間を1～2つ分離して手を置き、呼気時に肋骨を1本ずつ捻るように動かす、肋間に剪断力を加え、内外肋間筋のストレッチと肋椎関節の可動性を増大させる。

2. 肋骨の関節モビライゼーションと肋間筋のストレッチ

胸郭の柔軟性を改善するため、肋間筋の伸張を行う。まず片側ずつ胸郭の可動性と疼痛の有無を確認し、次に肋骨1本ずつの可動性を評価する。疼痛があれば胸部X線で骨折の有無を確認し、さらに打鍵器が指打診法で肋骨と肋間筋を打診し、疼痛の鑑別を行っておく。肋間筋のストレッチは両手8本の指先を胸郭のカーブにあわせ呼気時に押し下げていく。一肋間ずつ両側行う。性別、年齢、体型、疾患や病時期などにより肋間・肋骨の硬さや可動性が異なる。さらに上位肋骨と下位肋骨でも異なる。強力に行う場合は呼気時に下の肋骨を、吸気時に上の肋骨をそれぞれ押し下げる。さらに抵抗を加える場合、上肢を挙上外旋位に保持し、上位肋骨では背臥位で胸郭の下に固めの枕をおき、肋間に当てた拇指と母指球を呼気時に上の肋骨に、吸気時に下の肋骨にそれぞれ抵抗を加える。下位肋骨では側臥位で下部胸郭の下に枕を置き拇指と示指で上位肋骨同様に抵抗を加える。

疼痛がある場合は反対側から呼吸介助手技を用い、徐々に1回換気量の増大と呼吸数の減少を促し疼痛側へと移る。疼痛部位の遠隔から徐々に中心へと進める。

3. 腰方形筋の伸張（ダイレクトストレッチ）

胸部・腹部外科術後や呼吸不全の増悪時に腰方形筋の筋緊張が亢進する。腰方形筋の拮抗筋は腰方形筋であり反対側のストレッチを加えることで、より緊張が低下する。方法は、側臥位が可能ならば股関節および膝関節を十分屈曲した側臥位をとらせ、肋骨と腸骨の間を触察しやすいように下側の側腹部に枕を入れる。

腰方形筋は解剖学的に3方向に分類し、第3腰椎を中心に頭側・内側、尾側・内側、垂直方向へ呼気時のみ押し下げていく。

4. 大胸筋の伸張（インダイレクトストレッチ）

非侵襲的人工呼吸管理を実施している症例で、強い呼吸困難感があり、上部胸式呼吸や前かがみ姿勢などを長時間保持する場合、大胸筋の筋緊張が亢進しやすい。背臥位の姿勢で股・膝関節を屈曲し、肩甲骨間に固めの枕を入れる。両上肢外転（約120度）・外旋位をとり呼気をさせながら両上肢をベッド下方へ押し下げていく。

ま と め

人工呼吸管理下の呼吸理学療法に特別な方法論があるわけではない。その基本手技は、慢性期と急性期と同様である。各々の基本手技を人工呼吸管理下にある患者の特徴を把握し、どのように適応させていくかが重要である。

参考文献

- 1) 神津 玲：呼吸理学療法の歴史・定義・展望。呼吸理学療法の標準手技。石川 朗，神津 玲，高橋哲也編。東京，医学書院，2008，pp4-14.
- 2) 前本英樹，神津 玲，千住秀明：開胸術患者における術後肺合併症の危険因子の検討。理学療法学。1995；22：43-48.
- 3) Pryor JA, Prasad S : Physiotherapy techniques. In : Physiotherapy for Respiratory and Cardiac Problems. Pryor JA, Prasad S (eds). London, Churchill Livingstone, 2008, pp134-217.
- 4) Rie AL, Bauldppf GS, Carlin BW, et al : Pulmonary rehabilitation : Joint ACCP/AACVPR evidence-based clinical practice guideline. Chest. 2007 ; 131 : 4S-42S.
- 5) 日本呼吸管理学会，日本呼吸器学会，日本理学療法士協会編：運動処方。呼吸リハビリテーションマニュアル—運動療法の実践—。東京，照林社，2003，pp29-44.
- 6) 関川 博，千住秀明：呼吸器疾患。理学療法ハンドブック。細川多穂，柳澤 健編。東京，協同医書出版，2010，pp455-489.